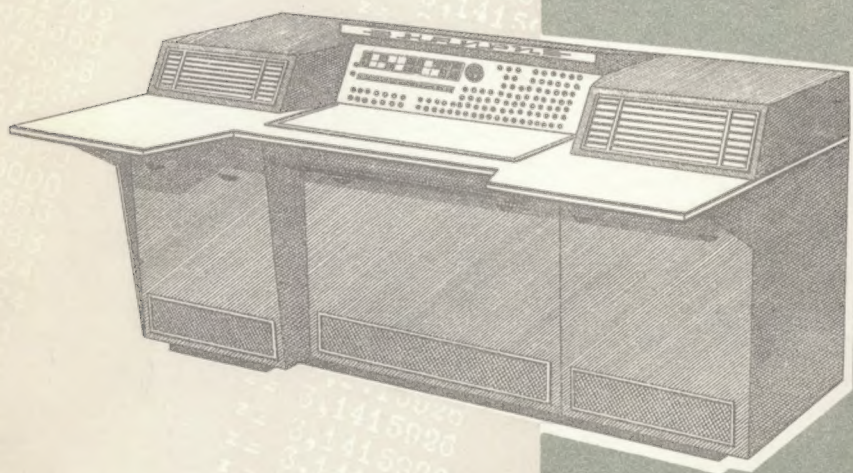


ГКД

“НАИР”



КРАТКОЕ
ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОПИСАНИЕ



1964

ГОСКОМИТЕТ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ
С С С Р

МАЛОГАБАРИТНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ
ЦИФРОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
МАШИНА С АВТОМАТИЧЕСКИМ
ПРОГРАММИРОВАНИЕМ „НАИРИ“

1 9 6 4

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Назначение	4
Технические данные	4
Состав машины	7
Принцип работы машины	7
Краткие характеристики основных устройств	9
Арифметическое устройство	9
Устройство управления	10
Оперативное запоминающее устройство	11
Долговременное запоминающее устройство	11
Внешнее устройство	12
Пульт управления	13
Конструкция	14
Математическая часть	15
Представление чисел	15
Машинные операции и псевдооперации	16
Выдача памяти	18
Стандартные подпрограммы	18
Режим счётной (настойной) машины	19
Режим автоматического программирования	19
Примеры, решаемые в режиме настольной машины... .	20
Таблица 1. Машинные операции	28
Таблица 2. Псевдооперации	32

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В настоящем описании машины „Наири“ приводятся основные параметры, краткая характеристика основных устройств, структура команд и система операций. Также приводятся характерные примеры решения задач в режиме автоматического программирования и счётного режима.

Данное описание дает общее представление о машине „Наири“.

НАЗНАЧЕНИЕ

Малая универсальная полупроводниковая вычислительная машина „Наири“ относится к классу электронных цифровых вычислительных машин дискретного действия малой производительности и представляет собой малогабаритную простую с точки зрения эксплуатации машину, требующую минимального количества профилактических работ.

Машина предназначена для решения весьма широкого круга математических задач, возникающих при инженерных экономических расчётах и научных исследованиях, работниками, не имеющими специальной подготовки в области программирования. Машину можно широко использовать в научно-исследовательских, проектных и учебных институтах, конструкторских бюро и заводских лабораториях, а также в вычислительных центрах для первичной подготовки задач.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

„Наири“ является двухадресной программно-управляемой машиной с естественным порядком выполнения команд.

Особенностью машины является:

- а) возможность ввода задач на языке, близком к обыкновенному математическому языку, с использованием автоматического программирования при решении задач;
- б) возможность использования в режиме настольной счётной машины.

Форма представления чисел – с фиксированной запятой. Операции над числами с плавающей запятой выполняются подпрограммами. Система счисления – двоичная. Разрядность машины – 36 двоичных разрядов.

Память машины состоит из оперативного запоминающего устройства, выполненного на ферритовых сердечниках, ёмкостью 1024 оперативных и 5 фиксированных адресов и долговременного запоминающего устройства на оксиферах ёмкостью 16384 адреса.

Устройство управления построено по микропрограммно-

му принципу с использованием для хранения микропрограмм первых 2048 адресов долговременного запоминающего устройства, имеющих 72 двоичных разряда. Разрядность остальных адресов ДЗУ равна 36р.

Операции арифметического устройства, все передачи между регистрами, запись в оперативное запоминающее устройство и выдача кодов из запоминающих устройств производятся параллельным способом.

Информация может вводиться в машину от клавиатуры печатающего устройства или с перфорированной бумажной ленты с помощью трансмиттера в буквенно-цифровом виде.

Вывод результатов производится на печать в буквенно-цифровой форме или на перфорацию.

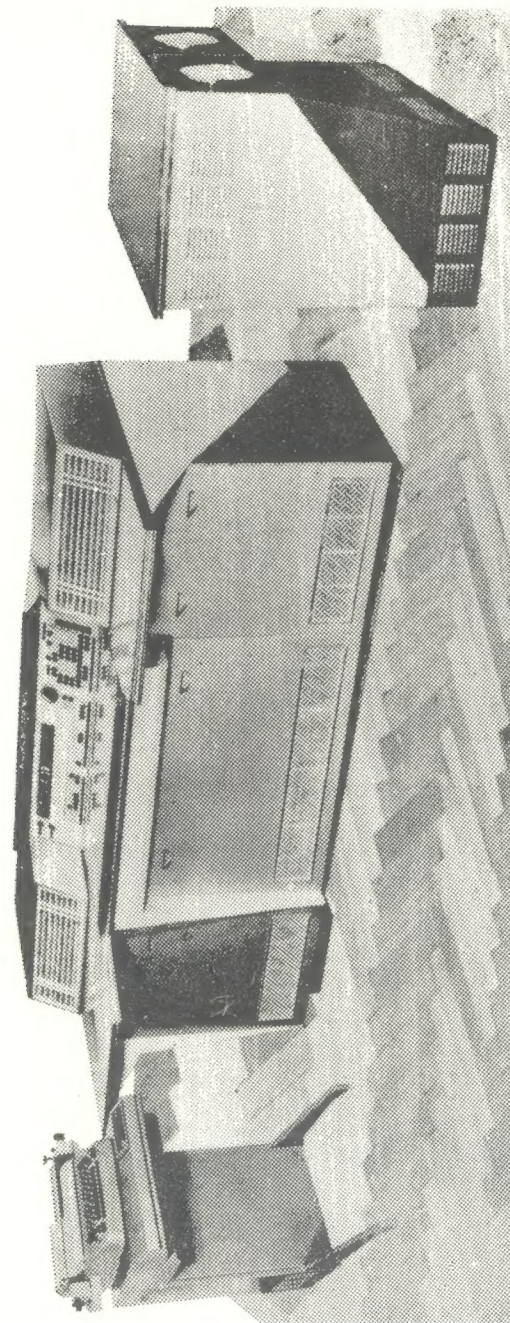
Средняя скорость вычислений с фиксированной запятой для операции типа сложения $2 + 3$ тыс. оп/сек, для операций типа умножения - 100 оп/сек, для операций, выполняемых с плавающей запятой, 100 оп/сек.

Средняя скорость вычисления некоторых задач:

- элементарные функции (типа $\sin x$, $\lg x$, e^x и т.д.) - 70 ÷ 100 мсек;
- система линейных алгебраических уравнений 28-го порядка - 20 мин;
- вычисление определителей 12-го порядка - 10 мин;
- обращение матрицы 12-го порядка - 12 мин;
- нахождение собственных значений матрицы 12-го порядка - 14 мин;
- нахождение собственных значений и собственных векторов матрицы 12-го порядка - 1,5 часа;
- решение алгебраического уравнения 42-го порядка - 1,5 часа.

Машина целиком выполнена на полупроводниковых приборах. Широко использован печатный монтаж схем. Питание - от однофазной сети 220в, 50 гц.

Потребляемая мощность порядка 1,6 квт.



Общий вид машины "Наури"

Допустимый диапазон изменения температуры окружающей среды - $+10^{\circ} \div +35^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности до 90%.

Машина может работать круглосуточно в прерывистом и непрерывистом режимах.

Условия работы - стационарные.

Габариты машины: главный шкаф 2014х1100х960 мм,
шкаф питания 1100х657х1026 мм.

СОСТАВ МАШИНЫ

Машина состоит из двух частей:

- 1 - главный шкаф машины;
П - шкаф питания.

В состав главного шкафа входят следующие устройства машины:

Арифметическое устройство (АУ).

Устройство управления (УУ).

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ).

Внешнее устройство (ВУ).

Пульт управления в составе:

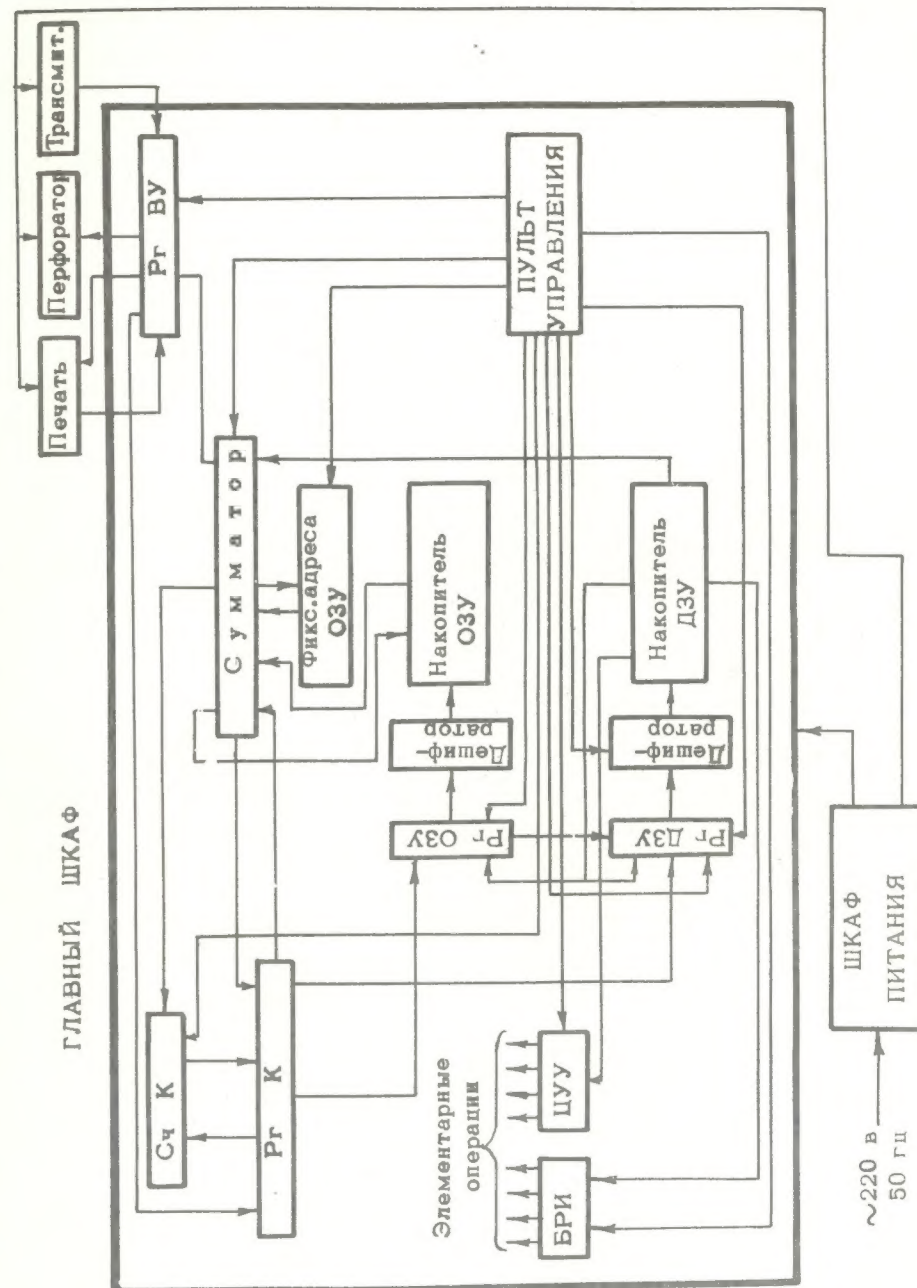
- панели сигнализации (ПС),
- панели управления (ПУ).

В состав шкафа питания входят блоки стабилизированных источников питания, блок защиты и сигнализации и блок управления.

ПРИНЦИП РАБОТЫ МАШИНЫ

Блок-схема машины со всеми основными связями между узлами приведена на рисунке.

Все виды связей между узлами указаны стрелками. Ниже приводится краткое описание основных устройств машины, позволяющее понять сущность связей блок-схемы и представить принцип работы машины в целом.



Блок-схема машины "Наири"

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ

УСТРОЙСТВ

АРИФМЕТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

Арифметическое устройство машины „Наири“ – параллельного типа со сквозным переносом, выполняет арифметические и логические операции над числами и командами.

АУ состоит из одного регистра – сумматора (См). Функции вспомогательных регистров выполняются фиксированными ячейками оперативного запоминающего устройства.

Нужно отметить, что сумматор одновременно служит регистром числа как для оперативного, так и для долговременного запоминающих устройств. Между сумматором и фиксированными ячейками ОЗУ имеются двусторонние прямые передачи, т.е. непосредственное (безадресное) чтение и запись.

Сумматор (См) содержит 37 разрядов, из них 34 разряда отведены для представления дробной части числа, 35-й разряд представляет целую часть, 36-й разряд отведен для знака числа, а один разряд является дополнительным. 35-й и 36-й разряды условно обозначаются $3n1$ и $3n2$.

Все арифметические операции в сумматоре выполняются в режиме с фиксированной запятой.

При операциях над числами, представленными с плавающей запятой, 36-ти разрядные коды в сумматоре разбиваются на две части: мантиссу и порядок. При этом мантисса числа содержит 29 разрядов (из них два разряда представляют условный знак мантиссы), а порядок – 7 разрядов (из них один разряд представляет знак порядка). В дальнейшем сумматор оперирует с мантиссой и порядком в режиме с фиксированной запятой согласно подпрограмме выполнения операций с плавающей запятой.

В сумматоре можно производить сдвиги кодов влево („Логический сдвиг“) и вправо („Арифметический сдвиг“).

При записи кодов в оперативное запоминающее устройство записываются оба знака кода. Это дает возможность хранить числа с условным переполнением и использовать их при решении задач.

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ

Устройство управления предназначено для автоматического управления машины при выполнении заданной программы решения задачи.

УУ состоит из следующих блоков:

Счётчик команд (СчК) – 14-ти разрядный; указывает адрес ячейки ОЗУ или ДЗУ, из которой необходимо выбрать очередную команду. Так как команды в запоминающих устройствах располагаются последовательно, в порядке возрастания адресов, то для получения адреса следующей команды после выборки команд в счётчик прибавляется единица.

Помимо основной функции счётчик команд выполняет функцию счётчика циклов при выполнении циклических операций.

Регистр команд (РгК) – 36-ти разрядный; принимает и хранит команду во время ее выполнения.

Команда состоит из признаков модификации команды (34 + 36 разряды), из признаков подпрограммы и формирования адресов (33, 26 разряды), из кода операции (27 + 32 разряды). Разбиение разрядов от 1 + 25 в зависимости от признаков модификации команды переменное и может представить адреса A_1 и A_2 , параметр, условие и т.д.

Центральное устройство управления (ЦУУ) машины построено по принципу микропрограммного управления. В качестве запоминающего устройства для хранения микропрограмм использована часть ДЗУ с адресами 0 + 2047. Для хранения необходимого количества элементарных операций, а также адреса следующей микрокоманды (11-ти разрядный код) в указанной части ДЗУ разрядность доведена до 72.

Импульсы „Чт ДЗУ“ вырабатываются специальным

задающим генератором.

Выполнение каждой новой операции начинается с выборки кода команды из ОЗУ или ДЗУ согласно номеру, записанному в СчК. Затем производится расшифровка команды и выполнение соответствующей операции.

Блок распределения импульсов (БРИ) служит для образования импульсов элементарных операций, входящих в состав микрокоманды.

ОПЕРАТИВНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Оперативное запоминающее устройство предназначено для записи, хранения и выдачи команд и чисел, промежуточных и конечных результатов вычислений.

Время обращения к ОЗУ - 20 мксек.

Емкость ОЗУ 1024 36-ти разрядных чисел и 5 фиксированных ячеек, к которым возможно непосредственное обращение. Конструктивно накопитель ОЗУ выполнен в виде 8 кассет, в каждую из которых помещается 128 ячеек.

В ОЗУ принята линейная система выборки числа с компенсационными сердечниками.

Выбор клапана, а следовательно, и линейки производится с помощью двух дешифраторов: потенциального на 64 выхода и импульсного на 16 выходов.

При чтении информации из какой-нибудь ячейки ОЗУ, кроме фиксированных, содержимое данной ячейки стирается и автоматически регенерируется.

Чтение из фиксированных ячеек приводит к стиранию информации без автоматической регенерации.

ДОЛГОВРЕМЕННОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Долговременное запоминающее устройство предназначено для хранения и выдачи команд, различных вспомогательных данных и микропрограмм управления.

Время обращения к ДЗУ - 12 мксек.

Общая емкость ДЗУ - 16384 числа. Из них первые 2048 имеют 72 разряда и служат для хранения микропрограмм управления. Остальная часть служит для хранения различных под-

программ для дешифрации исходной информации, автоматического программирования, решения различных стандартных задач и т.д. Разрядность этой части ДЗУ равна 36р.

Накопитель ДЗУ состоит из 9 ячеек. Каждая ячейка накопителя имеет 8 рядов оксиферов. В каждом ряду имеются 36 оксиферов соответствующих разрядов.

Информация в ячейку вводится с помощью прошивки кодов по разрядам и рядам. Провод прошивки последовательно пронизывает или обходит сердечники всех рядов, начиная с нулевого. Количество прошиваемых проводов доходит до 256. Таким образом, емкость одной ячейки накопителя составляет 2048 адресов.

В части хранения микропрограмм УУ удвоение разрядности получается за счет параллельной работы двух ячеек накопителя ДЗУ.

Выбор адреса для чтения необходимой информации производится с помощью четырех дешифраторов:

- потенциального дешифратора выбора ячейки накопителя на 8 выходов;
- потенциального дешифратора выбора провода на 16 выходов;
- импульсного дешифратора выбора провода на 16 выходов;
- потенциального дешифратора выбора ряда на 8 выходов.

Обращение к ДЗУ производится импульсами от центрального устройства управления.

ВНЕШНЕЕ УСТРОЙСТВО

Внешнее устройство предназначено для ввода информации в машину и вывода результатов вычислений. ВУ состоит из печатающего устройства, перфоратора бумажной ленты и трансмиттера.

Местное управление внешнего устройства содержит регистр внешнего устройства, общий для всех аппаратов, в котором принимаются и хранятся коды при вводе и выводе информации, и схему управления, которая в зависимости от

набранного на пульте режима, обеспечивает работу соответствующего аппарата.

Скорость работы аппаратов внешнего устройства - 6 символов в секунду.

Внешнее устройство при выборе соответствующего режима может работать независимо от машины в автономном режиме. Этот режим, обеспечивающий первичную обработку вводимой информации, выполняет: печать, перфорацию с печатью, перфорацию без печати, дублирование перфолент, печать с перфоленты и перфрацию ленты с приемом от линии связи.

ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

Пульт управления машины состоит из двух панелей:

Панели сигнализации (ПС).

Панели управления (ПУ).

Панель сигнализации предназначена для выбора необходимого режима работы машины и световой сигнализации.

При помощи соответствующих клавишей можно обеспечить следующие режимы работы:

1. "Универсальный", являющийся обычным режимом работы машины.
2. "Счётный" для выполнения непосредственных вычислений.
3. "Выдача памяти" для вывода содержимого запоминающих устройств в виде команд или чисел.
4. "Шаговый", обеспечивающий останов машины после каждой машинной операции.
5. "Полуавтоматический", обеспечивающий останов после каждой псевдооперации и машинной операции.
6. "Останов по адресу" для останова по адресу команды.

Помимо этого на панели сигнализации расположены клавиши выбора режима работы внешних устройств, кнопки включения и выключения питания, неоновые лампы для сигнализации состояния триггеров и т.д.

Панель управления предназначена для различных наладочных работ: передача кода в разные регистры машины, гашение регистров, однократный режим работы, режимы повторения такта и повторения операции, запись и чтение по ОЗУ и т.д. Панель управления предназначена также для измерения и регулировки уровней питающих напряжений.

КОНСТРУКЦИЯ

Машина „Наири“ состоит из следующих основных частей:

Главного шкафа.

Шкафа питания.

Главный шкаф выполнен в виде письменного стола. Это дает возможность оператору, сидя перед пультом машины, производить все необходимые операции, связанные с работой машины, регистрации и отметки в журналах и т.д.

Шкаф питания представляет собой отдельную тумбу и соединяется с главным шкафом при помощи разъёмного жгута.

Каркасы главного шкафа и шкафа питания закрываются съёмными щитами и крышками. После их снятия возможен свободный доступ к любой части машины. В машине имеются 14 типов ячеек, выполненных с помощью печатного монтажа.

Ячейки объединяются в более крупные конструктивные узлы (блоки ячеек) с печатным исполнением коммутации. Связи между блоками ячеек осуществляются проводным монтажом.

Все блоки машины выполнены с возможностью съёма и вывода на удлинитель, что облегчает наладку и устранение неисправностей.

С целью удобного доступа к оперативному запоминающему устройству адресная часть накопителя выведена на дверь-плату куба ОЗУ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ

Машина работает с числами, представленными в форме с фиксированной запятой в дополнительном коде.

Разрядная сетка состоит из 36-ти двоичных разрядов, занумерованных справа налево:

α_{36}	α_{35}	α_{34}				α_3	α_2	α_1
---------------	---------------	---------------	--	--	--	------------	------------	------------

запятая фиксирована между разрядами α_{35} и α_{34} знаковый разряд.

Диапазон чисел, представленных в этом виде, следующий:

$$\begin{aligned} -2 &\leq x \leq -2^{-34}, \text{ если } x < 0 \\ 2^{-34} &\leq x \leq 2(1-2^{-35}), \text{ если } x > 0 \end{aligned}$$

$$x = 0$$

Кроме того с помощью соответствующих псевдоопераций имеется возможность оперировать целыми и длинными кодами, а также числами с плавающей запятой.

1. Целое число представляется в следующей форме:

$$\alpha_{36} \cdot 2^{35} + \alpha_{35} \cdot 2^{34} + \dots + \alpha_1 \cdot 2^0$$

$$[x]_{\text{доп}} = x + 2^{36} \text{ по mod } 2^{36}$$

α_{36} - знаковый разряд.

2. Число может быть записано в двух последовательных ячейках, при этом целая часть записывается в первой ячейке, а дробная часть - в следующей. Такое число услов-

но называется длинным.

3. Числа с плавающей запятой представляются в виде $x = M \cdot 2^p$, где M - мантисса числа, p - порядок числа.

В этом случае разрядная сетка разбивается следующим образом:

α_{36}	α_{35}	α_{34}	α_{33}	α_{32}	α_{31}	α_{30}	α_{29}	α_{28}	α_{27}	α_{26}	α_{25}	α_{24}	α_{23}	α_{22}	α_{21}	α_{20}	α_{19}	α_{18}	α_{17}	α_{16}	α_{15}	α_{14}	α_{13}	α_{12}	α_{11}	α_{10}	α_9	α_8	α_7	α_6	α_5	α_4	α_3	α_2	α_1
Зн2	Зн1	МАНТИССА- М																Зн	ПОРЯДОК-р																

Порядок представляется разрядами $\alpha_1 \div \alpha_7$; разряды $\alpha_1 \div \alpha_6$ занимает величина порядка, α_7 - знак порядка.

Мантисса числа занимает разряды $\alpha_8 \div \alpha_{34}$, разряды α_{35} и α_{36} отведены для знака мантиссы.

МАШИННЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПСЕВДООПЕРАЦИИ

Эти операции приведены в таблицах 1 и 2.

В таблицы 1, 2 введена переменная Θ , каждому значению которой соответствует определенное разбиение разрядной сетки с определенной модификацией команды.

Θ - может принимать одно из значений p, l, k, n, p, l, n , u, u, n, u

где индекс u означает, что команда условная.

Таким образом выражение $[A_1]_{\Theta}$, приведенное в таблице, может означать:

1. $[A_1]_p$ - 36-ти разрядный двоичный набор, у которого $\alpha_{19} \div \alpha_{36}$ являются нулями, а в разрядах $\alpha_1 \div \alpha_{18}$, начиная с младших, записано двоичное представление числа A_1 .

2. $[A_1]_k$ - 36-ти разрядный двоичный набор, у которого разряды $\alpha_{15} \div \alpha_{36}$ являются нулями, а в разрядах $\alpha_1 \div \alpha_{14}$, начиная с младших, записано двоичное представление числа A_1 .

3. $[A_1]_l$ - 36-ти разрядный двоичный набор, у кото-

рого разряды $\alpha_1 \div \alpha_{18}$ являются нулями, а в разрядах $\alpha_{19} \div \alpha_{36}$, начиная с младших, записано двоичное представление числа A_1 .

$$4. [A_1]_{\text{пу}} = [A_1]_{\text{к}}.$$

5. $[A_1]_{\text{лу}}$ - 36-ти разрядный двоичный набор, у которого разряды $\alpha_1 \div \alpha_{18}$ и $\alpha_{33} \div \alpha_{36}$ являются нулями, а в разрядах $\alpha_{19} \div \alpha_{32}$, начиная с младших, записано двоичное представление числа A_1 .

$$6. [A_1]_{\text{ну}} = [A_1]_{\text{н}} = (A_1).$$

В таблицах приняты также следующие обозначения:

1. A_2 - код, находящийся в ячейке A_2 .
2. $\overrightarrow{(A)}$ - арифметический сдвиг вправо (A).
3. $\overleftarrow{(A)}$ - логический сдвиг влево (A).
4. $[A_1]_{\theta}^g$ - длинное число, находящееся в адресах $[A_1]_{\theta}$ и $[A_1]_{\theta} + 1$.

5. $(A_2)^g$ - длинное число, записанное в последовательных адресах A_2 и $A_2 + 1$.

6. $\langle \text{PгВУ} \rangle$ - содержимое адреса (PгВУ) + 2048.

7. a_2 - фиксированная ячейка ОЗУ.

Все приведенные в таблицах машинные операции и псевдооперации являются безусловными.

Условные команды во внешнем коде получают из безусловных команд (независимо от того это машинная операция или псевдооперация) путем приписания к ним некоторого условия (например $>$, \geq , $<$, $=$) и адреса, содержимое которого проверяется.

Подробно объясним, как нужно понимать, например, команду M16383L9<2. Так как команда условная, то прежде всего проверяется условие $(2) < 0$. Если это условие не выполнено, то данная команда пропускается, как хостая. В противном случае выполняется команда M16383L9. Как видно из таблицы машинных операций, в этом случае выполняется следующее действие:

$$(9) \oplus [16383]_{\text{лу}} \Rightarrow a_2,$$

т.е. содержимое ячейки 9 складывается по mod 2 с 36-ти разрядным набором, в разрядах $\alpha_1 \div \alpha_{18}$ и $\alpha_{33} \div \alpha_{36}$ которого нули, а в разрядах $\alpha_{19} \div \alpha_{32}$ записано двоичное представление числа 16383. Таким образом, выполнение условной команды при удовлетворении требуемого условия сводится к выполнению соответствующей безусловной команды.

ВЫДАЧА ПАМЯТИ

С помощью этой подпрограммы по задаваемой информации содержимое ячеек определенного массива выдается на печать или на перфорацию в указанной форме (в виде команд, десятичных чисел, набора нулей и единиц, в восьмеричной системе счисления и т.д.).

СТАНДАРТНЫЕ ПОДПРОГРАММЫ

В машине „Наири“ имеются следующие стандартные подпрограммы:

а. Решение системы алгебраических уравнений (методом главных элементов) до 28-го порядка.

б. Нахождение корней полинома до 42-ой степени (полином задается в обычной форме).

в. Вычисление определителей до 12-го порядка.

г. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянным и автоматическим выбором шага. При постоянном шаге число уравнений доходит до 21, а с автоматическим выбором шага до 17. Система уравнений задается в обычной математической форме.

д. Обращение матрицы до 12-го порядка.

е. Вычисление определенного интеграла. Подинтегральное выражение записывается в форме, принятой в математике.

РЕЖИМ СЧЁТНОЙ(НАСТОЛЬНОЙ) МАШИНЫ

При помощи этой подпрограммы имеется возможность вычисления любого алгебраического выражения для конкретных значений параметров, входящих в это выражение.

Все выражения задаются в обычной математической форме.

РЕЖИМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В этом режиме задачи решаются без предварительного программирования. Алгоритм решения задачи задается в виде операторов (указаний). Программа, записанная в таком виде, очень похожа (а иногда даже тождественна) на обычный язык математики. Специальный транслятор, приняв операторную программу, составляет рабочую программу. Рабочую программу можно вывести и использовать ее как самостоятельную программу в случае необходимости.

Таким образом режимом автоматического программирования машина „Наири“ превращается в машину, связь с которой осуществляется на более привычном и более сжатом языке, чем обычный машинный язык. Операторы программируются в любой последовательности, какую потребует решаемая задача.

Наименования операторов подобраны так, что первые две буквы названия оператора определяют данный оператор, а остальные буквы добавляет сама машина.

В машине „Наири“ используются следующие 17 операторов:

допустим
вычислим
вставим
введем

решим
печатаем
программа
если
идти к
интервал
спросим
храним
начертим
кончаем
останов
массив
исполним.

Это позволяет обслуживать машину персоналом, не имеющим навыков в программировании.

В машине предусмотрена возможность прерывать решение задачи, переходить к режимам „счётный“ или „выдача памяти“, а затем продолжать решение задачи с прерванного места, что очень облегчает отладку решаемой задачи.

Ниже приводятся примеры работы машины в счётном режиме и в режиме автоматического программирования.

ПРИМЕРЫ, РЕШАЕМЫЕ В РЕЖИМЕ НАСТОЛЬНОЙ МАШИНЫ

Пример 1. $2,475 + 15^2/225 - 0,475 = 3,000000000$
 $+ 345 \times 2/3 = 233,000000000$
 $\times 12 = 2796,000000000.$

Пример 2. Операция с факториалом

$$2^2 \times 8! = 161280,000000000.$$

Пример 3. Вычисление сложного выражения

$$1,79420 + \frac{(0,68342 \times 1,33947 - 0,37654)^2}{4(2 \times 1,33947 - 1,83885)}$$

$$1) 0,68342 \times 1,33947 - 0,37654 = 0,538880579$$

= а

$$2) 2 \times 1,33947 - 1,83885 = 0,840090006$$

= в

$$3) 4а = 3,360360026$$

= в

$$4) 1,79420 + а^2/в = 1,880617007$$

Пример 4. Вычисление градусной меры угла, записанного в

$$\text{радианах} \quad 5,645 = 323^{\circ}26'5''$$

Пример 5. Вычисление радианной меры угла, записанного в

$$\text{градусах} \quad 52^{\circ}37'23'' = 0,918445587.$$

Пример 6. Вычисление выражения

$$\sin^4 \arccos 0,25 - 2 \cos^4 \arcsin 0,25 +$$

$$+ \sqrt[4]{\arctg 1} \times 2 \sqrt[4]{\arctg 1} = 1,121093764.$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В РЕЖИМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Пример 1. Построение графика функции:

$$y = \begin{cases} 0,5 (\sin 4x)(\exp x/4), & \text{если } 0 \leq x \leq 1,57 \\ (\sin 4x)(\exp x/4), & \text{если } 1,57 < x < \pi \end{cases}$$

Пример 2. Одновременное табулирование двух функций:

$$y = 0,5 (\sin 5x)(\exp x/4)$$

$$z = 2 (\cos 5x)(\exp x/5), \quad 0 \leq x \leq \pi$$

и построение их графиков.

Пример 3. Вычисление определителя 5-го порядка методом Гаусса с выдачей на печать преобразованного треугольного определителя и результата.

Для построения графика функции, заданной в примере 1, необходимо:

1. Присвоить аргументу начальное значение ($X = 0$, пункт 1 решения примера 1).
2. Вычислить и сохранить значение функции при данном значении аргумента (пункты 2 и 3).
3. Изменить значение аргумента на выбранный шаг:

$$h = \frac{\pi}{36} \quad (\text{пункт 4}).$$

4. Вычисление и сохранение значений функции повторить до выхода значения аргумента из заданного отрезка $[0; \pi]$ (пункты 5, 6, 7, 8 и 2, 3).
5. Нанести на бумагу найденные 36 точек графика функции (пункт 9).
6. Закончить процесс (пункт 10).

Указание „Исполним“ означает решение введенной задачи, начиная с указанного пункта.

Второй пример отличается от первого тем, что в этом примере строятся 2 графика, а значения функций y и z и аргумента x выдаются на табуляцию (пункт 5 примера 2).

В третьем примере приводится вычисление определителя 5-го порядка с выдачей на печать как преобразованного определителя, так и значения самого определителя.

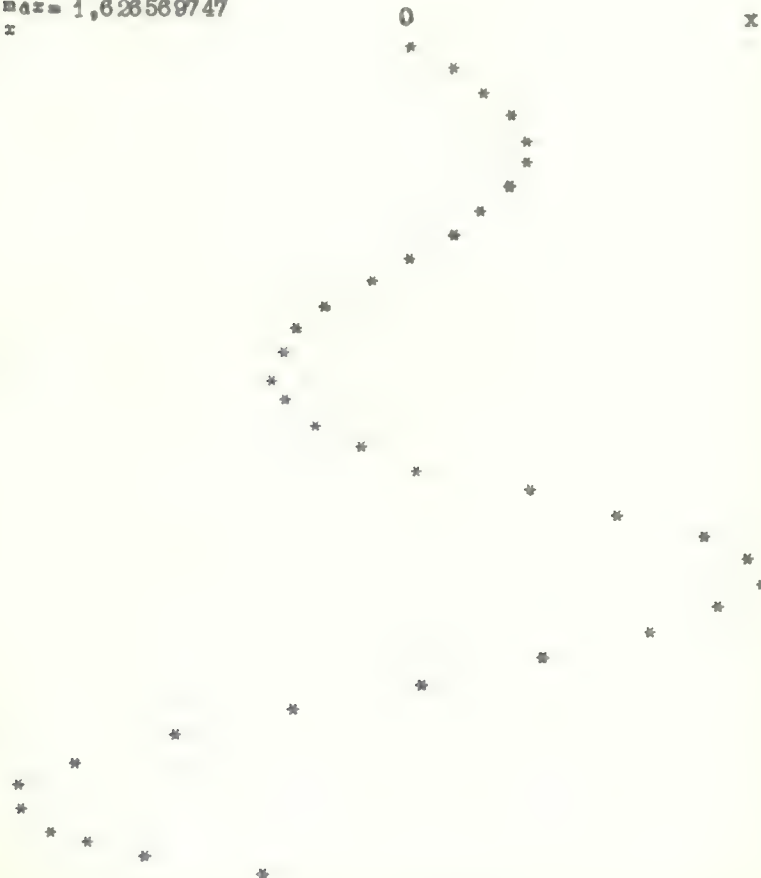
Решение примера 1

ан
4-6-1964г 1

<<наури>>

```
1 допустим x=0
2 вычислим y=0,5( sin4x)( expx/4)
3 храним 36 у
4 вычислим x=x+π/36
5 если x<1,57 угти к 2
6 если x>π угти к 9
7 вычислим y=( sin4x)( expx/4)
8 угти к 3
9 начерчим 1 гр
10 кончаем
исполним 1
```

min=-1,979457527
max=1,626589747
x



Решение примера 2

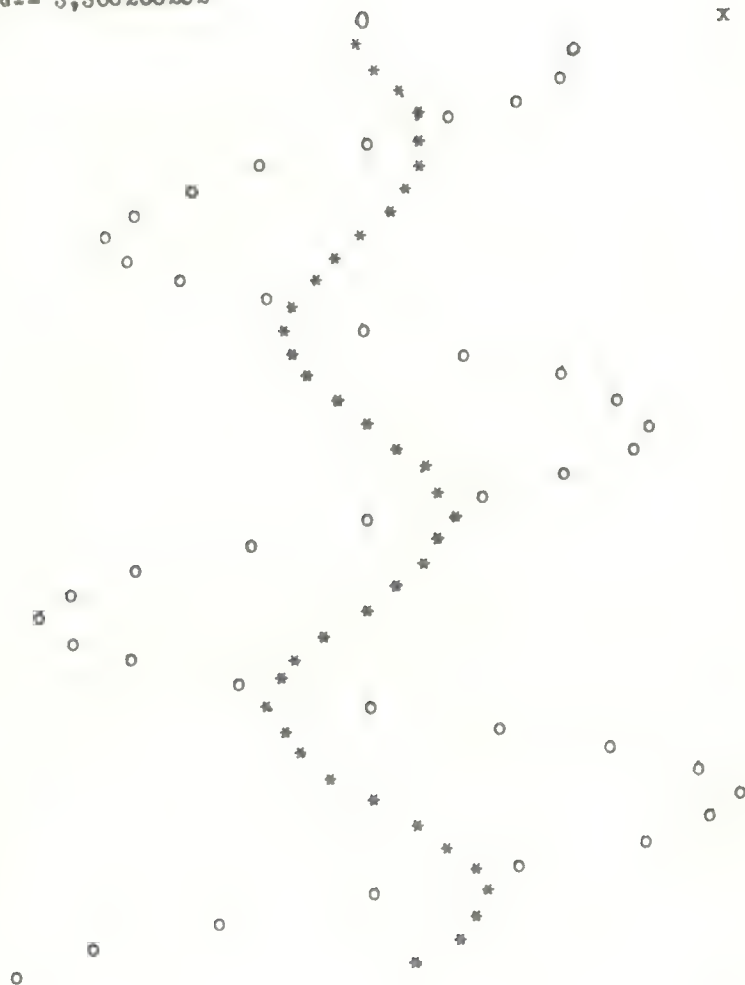
ан
5-6-1964г 1

<<наури>>

```
1 допустим x=0
2 вычислим y=0,5( sin5x)( expx/4)
3 вычислим x=2( cos5x)( expx/5)
4 храним 40 у x
5 печатаем о 9 знаками x y z
6 вычислим x=x+π/40
7 если x<π угти к 2
8 начерчим 2 гр
9 кончаем
исполним 1
```

x= 0,000000000	y= 0,000000000	z= 2,000000000
x= 0,078539816	y= 0,195135829	z= 1,877012729
x= 0,157079633	y= 0,367713622	z= 1,459347635
x= 0,235619449	y= 0,489987659	z= 0,802297241
x= 0,314159266	y= 0,540853217	z= 0,000000029
x= 0,392699085	y= 0,509591430	z= 0,827902324
x= 0,471238903	y= 0,397758182	z= -1,553983181
x= 0,549778722	y= 0,219533650	z= -2,062521755
x= 0,628318540	y= -0,000000034	z= -2,267801642
x= 0,706858359	y= -0,228328296	z= -2,128346264
x= 0,785398177	y= -0,430257640	z= -1,654755398
x= 0,863937996	y= -0,573305718	z= -0,909725338
x= 0,942477814	y= -0,632846333	z= 0,000000169
x= 1,021017625	y= -0,596267253	z= 0,938759185
x= 1,099557444	y= -0,465412385	z= 1,762062937
x= 1,178097262	y= -0,256873860	z= 2,338695138
x= 1,256637081	y= 0,000000080	z= 2,571462154
x= 1,335176900	y= 0,267162069	z= 2,413333535
x= 1,413716718	y= 0,503439694	z= 1,876328393
x= 1,492256537	y= 0,670818626	z= 1,031538233
x= 1,570796355	y= 0,740486428	z= -0,000000432
x= 1,649336174	y= 0,897685636	z= -1,064460068
x= 1,727875992	y= 0,544573798	z= -1,998004809
x= 1,806415811	y= 0,300585134	z= -2,651848584
x= 1,884955629	y= -0,000000114	z= -2,915783107
x= 1,963495448	y= -0,312603428	z= -2,736480861
x= 2,042035251	y= -0,589069060	z= -2,127570390
x= 2,120575070	y= -0,784917280	z= -1,169661983
x= 2,199114888	y= -0,866434760	z= 0,000000581
x= 2,277654707	y= -0,816354006	z= 1,206992402
x= 2,356194525	y= -0,637199625	z= 2,265539199
x= 2,434734344	y= -0,351687874	z= 3,006933212
x= 2,513274163	y= 0,000000213	z= 3,306208262
x= 2,591813981	y= 0,365773782	z= 3,102897226
x= 2,670353800	y= 0,689263157	z= 2,412453174
x= 2,748893618	y= 0,918422937	z= 1,326280161
x= 2,827433437	y= 1,013805583	z= -0,000000968
x= 2,905973255	y= 0,955206625	z= -1,368609726
x= 2,984513074	y= 0,745580069	z= -2,588896532
x= 3,063052892	y= 0,411505945	z= -3,409563511

min=3,409563511
max= 3,306208282
x



Решение примера 3

ан

6-6-1984г 4

<< наури >>

```

1=4 J=4 z
1  gonyum i=0 z=5 n=5 c=1
2  gonyum J=0
3  gonyum z i J=1
4  если z=5 ugm k 6
5  вставим z=z-5
6  вставим J=J+1
7  если J>n ugm k 10
8  вставим z=z+1
9  ugm k 3
10 вставим i=i+1
11 если i<n ugm k 2
12 gonyum i=0
13 gonyum J=1
14 вставим J=J+1
15 вычислим g=gzi
16 gonyum i=i
17 вычислим zjk = zjk - gzi / zi
18 вставим k=k+1
19 если k<n ugm k 17
20 вставим J=J+1
21 если J<n ugm k 15
22 вставим i=i+1
23 вычислим o=gzi
24 если i<4 ugm k 13
25 gonyum i=0
26 gonyum J=0
27 печатаем о 5 знаками z i J
28 вставим J=J+1
29 если J<n ugm k 27
30 интервал 3
31 вставим i=i+1
32 если i<n ugm k 26
33 печатаем о 5 знаками c
34 кончаем
исполним 1

```

z0 0 = 5,00000
z0 1 = 1,00000
z0 2 = 2,00000
z0 3 = 3,00000
z0 4 = 4,00000

1	2	3	4	5
δ	ЛОГИЧЕСКИЙ СДВИГ ВЛЕВО	$\delta A_1 \theta A_2$	$(\overleftarrow{A_2})$ на $[A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
δ_1	- "-	$\delta_1 A_1 \theta A_2$	$(\overrightarrow{a2})$ на $[A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
Н	НОРМАЛИЗАЦИЯ	$NA_1 \theta A_2$	$[A_1]\theta$ норм $\longrightarrow A_2$ колич. сдвиг. $\longrightarrow a2$	При нарушении нормализации влево количество сдвигов положительно, в противном случае - отрицательно
N_1	- "-	$N_1^0 \theta A_2$	$(a2)$ норм. $\longrightarrow A_2$ колич. сдвиг. $\longrightarrow a2$	
П	ПЕРЕДАЧА ЧИСЛА	$PA_1 \theta A_2$	$[A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
P_1	- "-	$P_1^0 \theta A_2$	$(a2) \longrightarrow A_2; a2$	
C_2	СЛОЖЕНИЕ	$C_2 A_1 \theta A_2$	$(A_2) + [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	Если результат по модулю >1 или же результат $= 1$, то номер следующей команды запоминается в ячейке 1022 и управление передается по адресу 1023.
C_3	- "-	$C_3 A_1 \theta A_2$	$(a2) + [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
b_2	ВЫЧИТАНИЕ	$b_2 A_1 \theta A_2$	$(A_2) - [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
b_3	- "-	$b_3 A_1 \theta A_2$	$(a2) - [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
У	УМНОЖЕНИЕ	$U_2 A_1 \theta A_2$	$(A_2) \times [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
U_3	- "-	$U_3 A_1 \theta A_2$	$(a2) \times [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
q_2	ДЕЛЕНИЕ	$q_2 A_1 \theta A_2$	$(A_2) : [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	Если делимое по модулю не меньше модуля делителя, то деление не производится и управление передается по адресу 1023 с запоминанием номера следующей команды в ячейке 1022.

1	2	3	4	5
q_3	ДЕЛЕНИЕ	$q_3 A_1 \theta A_2$	$(a2) : [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	ресу 1023 с запоминанием номера следующей команды в ячейке 1022.
ℓ	ЛОГИЧЕСКОЕ СЛОЖЕНИЕ	$\ell A_1 \theta A_2$	$(A_2) \vee [A_1]\theta \longrightarrow a2$	
ℓ_1	- "-	$\ell_1 A_1 \theta A_2$	$(a2) \vee [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
Л	ЛОГИЧЕСКОЕ УМНОЖЕНИЕ	$LA_1 \theta A_2$	$(A_2) \wedge [A_1]\theta \longrightarrow a2$	
L_1	- "-	$L_1 A_1 \theta A_2$	$(a2) \wedge [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
М	СЛОЖЕНИЕ ПО mod 2	$MA_1 \theta A_2$	$(A_2) \oplus [A_1]\theta \longrightarrow a2$	
M_1	- "-	$M_1 A_1 \theta A_2$	$(a2) \oplus [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
И	ПЕРЕХОД БЕЗ ВОЗВРАТА	$IA_1 \theta$	$[A_1]\theta \longrightarrow CчК$	
U_1	ПЕРЕХОД С ВОЗВРАТОМ	$UA_1 \theta A_2$	$[A_1]\theta \longrightarrow CчК$ и команда возврата формируется в A_2	
О	ОБРАЩЕНИЕ (ВЫВОД)	$OA_1 \theta$	$[A_1]\theta \longrightarrow$ печать	
O_1	ОБРАЩЕНИЕ (ВЫВОД)	$O_1 \theta \theta$	$((a2) + 2^{11} + 2^7) \longrightarrow$ печать	

1	2	3	4	5
e	ИЗМЕНЕНИЕ С ЗАПО- МИНИЕМ СЧК	$eA_1 \theta A_2$	$(СЧК) + [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	$[A_1]\theta$ целое, а сложение приходит пс модулю 2 ¹⁴ .
e ₁	ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ БЕЗУСЛОВНЫЙ ПЕРЕХОД	$e_1A_1\theta$	$(СЧК) + [A_1]\theta \longrightarrow СЧК$	Младшие разряды, вышедшие за разрядную сетку ячейки $A_2 + 1$, теряются.
Г	ПРАВЫЙ АРИФМЕТИ- ЧЕСКИЙ СДВИГ ДЛИН- НОГО ЧИСЛА	$GA_1 \theta A_2$	$\overrightarrow{(A_2)}^q$ на $[A_1]\theta \longrightarrow A_2^q$	Старшие разряды, вышедшие за разрядную сетку ячейки A_2 , теряются.
Г ₁	ЛЕВЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ СДВИГ ДЛИННОГО ЧИСЛА	$Г_1A_1 \theta A_2$	$\overleftarrow{(A_2)}^q$ на $[A_1]\theta \longrightarrow A_2^q$	
г	ЧТЕНИЕ (ВВОД)	$г0\theta A_2$	$\angle PгVУ > \longrightarrow A_2; a2$	
Ц ₃	ПЕРЕХОД ПО КЛЮЧУ	$Ц_3A_1\theta$	$[A_1]\theta \longrightarrow СЧК$	Команда выполняется, если нажата клавиша „Ключ.“
к	ОСТАНОВ	$кA_1\theta$	$[A_1]\theta \longrightarrow См и останов$	
к ₁	ОСТАНОВ	$к_1\theta$	$(a2) \longrightarrow См и останов$	

Таблица 2

ПСЕВДООПЕРАЦИИ

Внеш. код. псевдооп.	Название псевдооперации	Внешний вид команды	Выполняемое действие	Примечание
1	2	3	4	5
Ум	УМНОЖЕНИЕ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ	$умA_1 \theta A_2$	$(A_2) \times [A_1]\theta \longrightarrow A_2$	Если результат по абсолют- ному значению больше или равен 2 ³⁵ , то печатается ∞ и машина останавливается.
Сп	СЛОЖЕНИЕ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$спA_1 \theta A_2$	$(A_2) + [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	Если порядок результата больше 63, печатается ∞ и машина останавливается.
Вп	ВЫЧИТАНИЕ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯ- ТОЙ	$впA_1 \theta A_2$	$[A_1]\theta - (A_2) \longrightarrow A_2; a2$	
Уп	УМНОЖЕНИЕ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$упA_1 \theta A_2$	$(A_2) \times [A_1]\theta \longrightarrow A_2; a2$	
Дп	ДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$дпA_1 \theta A_2$	$[A_1]\theta : (A_2) \longrightarrow A_2; a2$	Если делитель равен нулю, печатается ∞.
кп	ВЫЧИСЛЕНИЕ \sqrt{x}	$кпA_1 \theta A_2$	$\sqrt{[A_1]\theta} \longrightarrow A_2$	При $[A_1]\theta < 0$ печатается $x < 0$ и машина останавлива- ется.
Нд	ПРИБЛИЖЕНИЕ ДЛИН- НОГО ЧИСЛА К ВИДУ С ПЛАВАЮЩ. ЗАПЯТОЙ	$ндA_1 \theta A_2$	Длинное число, записанное в ячей- ках $[A_1]\theta$ и $[A_1]\theta + 1$, приводится к виду с плавающей запятой и за-	

1	2	3	4	5
	(НОРМАЛИЗАЦИЯ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ)			
ℓn	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\ell n x$	$\ell n A_1 \ominus A_2$	$\ell n [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	При $[A_1] \ominus \leq 0$ печатается $x \leq 0$ и машина останавливается
$n n$	ПЕЧАТЬ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$n n A_1 \ominus q$	$[A_1] \ominus$ - рассматривается как число с плавающей запятой и печатается как десятичное число	q показывает количество десятичных знаков после запятой.
$s n$	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\sin x$	$s n A_1 \ominus A_2$	$\sin [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	
$c q$	СЛОЖЕНИЕ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	$c q A_1 \ominus A_2$	$[A_1] \ominus^q + (A_2)^q \longrightarrow A_2^q$	
$b q$	ВЫЧИТАНИЕ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	$b q A_1 \ominus A_2$	$(A_2)^q - [A_1] \ominus^q \longrightarrow A_2^q$	
$y q$	УМНОЖЕНИЕ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	$y q A_1 \ominus A_2$	$(A_2)^q \times [A_1] \ominus^q \longrightarrow A_2^q$	
$q q$	ДЕЛЕНИЕ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	$q q A_1 \ominus A_2$	$(A_2)^q : [A_1] \ominus^q \longrightarrow A_2^q$	

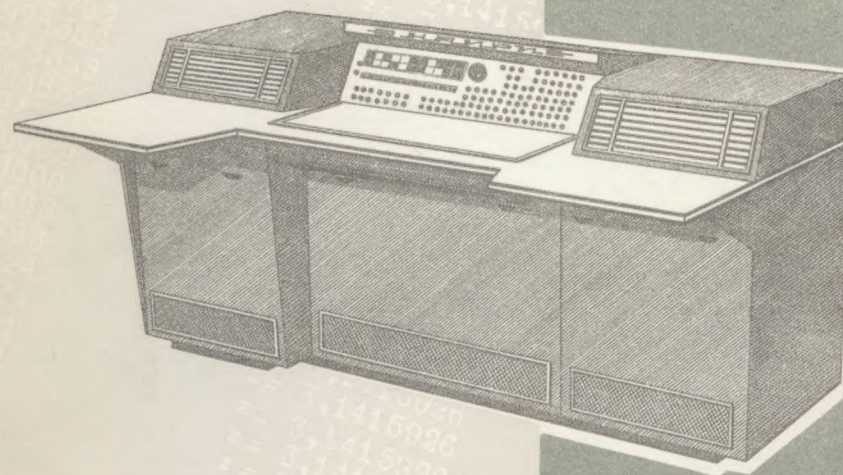
1	2	3	4	5
ℓq	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\ell q x$	$\ell q A_1 \ominus A_2$	$\ell q [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	При $[A_1] \ominus \leq 0$ печатается $x \leq 0$ и машина останавливается.
$n q$	ПЕЧАТЬ ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	$n q A_1 \ominus q$	Печать $[A_1] \ominus^q$ в виде десятичного числа	q показывает требуемое количество десятичных знаков после запятой.
$t q$	ВЫЧИСЛЕНИЕ $t q x$	$t q A_1 \ominus A_2$	$t q [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	При $[A_1] \ominus = \frac{\pi}{2^k}$ (где k - целое число) машина печатает ∞ и останавливается.
$o q$	ДЕЛЕНИЕ (ОБРАТНОЕ) ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$o q A_1 \ominus A_2$	$(A_2) : [A_1] \ominus \longrightarrow A_2; a_2$	Это деление производится так же, как и " $q n$ " с той лишь разницей, что адреса меняются ролями.
$b m$	ВЫЧИТАНИЕ МОДУЛЕЙ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	$b m A_1 \ominus A_2$	$ (A_2) - [A_1] \ominus \longrightarrow A_2; a_2$	Если $ [A_1] \ominus > 1$, то печатается $x > 1$ и машина останавливается.
$a s$	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\arcsin x$	$a s A_1 \ominus A_2$	$\arcsin [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	
$a c$	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\arccos x$	$a c A_1 \ominus A_2$	$\arccos [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	Если $ [A_1] \ominus > 1$, то печатается $x > 1$ и машина останавливается.
$a t$	ВЫЧИСЛЕНИЕ $\arctg x$	$a t A_1 \ominus A_2$	$\arctg [A_1] \ominus \longrightarrow A_2$	

1	2	3	4	5
CS	ВЫЧИСЛЕНИЕ COS X	CS A ₁ θ A ₂	COS [A ₁]θ → A ₂	q показывает требуемое количество десятичных знаков после запятой.
nc	ПЕЧАТЬ ЧИСЕЛ (ДРОБНЫХ)	nc A ₁ θ q	[A ₁]θ рассматривается как двоичное число, с фиксированной запятой, переводится и печатается.	
nm	ПЕЧАТЬ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ	nm A ₁ θ	[A ₁]θ рассматривается как целое число, переводится и печатается.	
nc	ПЕЧАТЬ СОДЕРЖИМОГО	nc A ₁ θ	[A ₁]θ печатается в виде 36-и разрядного двоичного набора нулей и единиц.	
lk	ПЕЧАТЬ КОМАНД	lk A ₁ θ	[A ₁]θ печатается как команда (во внешнем коде).	
ex	ВЫЧИСЛЕНИЕ e ^x	ex A ₁ θ A ₂	e ^{[A₁]θ} → A ₂	Если нормализованное число с плавающей запятой [A ₁]θ > 43, то печатается ∞ и машина останавливается.
qn	ПРИВЕДЕНИЕ ЧИСЛА С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ К ВИДУ ДЛИННОГО ЧИСЛА.	qn A ₁ θ A ₂	Число с плавающей запятой приводится к виду длинного числа и результат → A ₂ ^g	Если порядок [A ₁]θ больше 34, печатается ∞ и машина останавливается.
sk	СЛОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ	sk A ₁ θ A ₂	([A ₁]θ) + (A ₂) → A ₂ ([A ₁]θ + 1) + (A ₂ + 1) → A ₂ + 1	

1	2	3	4	5
bk	ВЫЧИТАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ	bk A ₁ θ A ₂	(A ₂) - ([A ₁]θ) → A ₂ (A ₂ + 1) - ([A ₁]θ + 1) → A ₂ + 1	
uk	УМНОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ	uk A ₁ θ A ₂	([A ₁]θ) x (A ₂) - ([A ₁]θ + 1) x (A ₂ + 1) → A ₂ ([A ₁]θ) x (A ₂ + 1) + ([A ₁]θ + 1) x (A ₂) → A ₂ + 1	
qk	ДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ	qk A ₁ θ A ₂	<p>Деление производится по определению деления комплексных чисел:</p> $\frac{a + bi}{c + di} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + i \frac{bc - ad}{c^2 + d^2};$ <p>только надо учесть, что</p> $a = ([A_1]\theta); b = ([A_1]\theta + 1); c = (A_2); d = (A_2 + 1).$ <p>Операции производятся с помощью соответствующих псевдоопераций.</p>	
nc	ПЕЧАТЬ ЦИФРОВЫХ ИНДЕКСОВ	nc A ₁ θ A ₂	[A ₁]θ переводится в десятичную систему и печатается как индекс	
om	ОТСЫЛКА ДЛИННЫХ ЧИСЕЛ	om A ₁ θ A ₂	[A ₁]θ ^g → A ₂	

1	2	3	4	5
об	ВЫЧИТАНИЕ (ОБРАТНОЕ) ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ	об A_1 в A_2	$(A_2) - [A_1]_{\theta} \rightarrow A_2$	Это вычитание делается так же, как и "вп", с той лишь разницей, что адреса меняются ролями.
gm	ДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ	gm A_1 в A_2	$[(A_2) : [A_1]_{\theta}] \rightarrow A_2$ $\{ (A_2) : [A_1]_{\theta} \} \rightarrow 3$	<p>Если $[A_1]_{\theta} = 0$, то печатается ∞ и машина останавливается.</p> <p>Целая часть результата засылается в A_2, а остаток — в ячейку 3 ОЗУ.</p>

"НАИРТ"



КРАТКОЕ
ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОПИСАНИЕ



1964

